

УДК 615. 471.03

О.Д. Рудий, студент гр. ПБ-01мп, к.т.н., доц. Терещенко М.Ф.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

МОНІТОРИНГ ЕКСПОЗИЦІЙНИХ ДОЗ ТА ЇХ РІВНЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ

Анотація. В статті розглядається проблеми визначення еквівалентних поглинених доз для працівників медичних закладів та їх пацієнтів, що проходять рентгенодіагностику або терапію. Відпрацьовується методика досліджень та проаналізовані значення експозиційних доз для внутрішніх органів людини на різній висоті та місцезнаходженні у діагностичному кабінеті.

Ключові слова: Моніторинг доз опромінення, дозиметрія, методика визначення експозиційної дози.

ВСТУП

Оцінка опромінення робітників медичних закладів є значущою та актуальною проблемою на сьогоднішній день. Ефективність захисту лаборантів суттєво залежить від розповсюджується гамма промені, їх інтенсивність та вплив на системи органів [1]. Поле розповсюдження можна описати такими основними фізичними величинами, як флюенс часток та енергетичним спектром. Зокрема, з точки зору, фізичного впливу треба враховувати особистості отримання опромінення біологічними тканинами [2]. Еквівалентна доза, для будь-якого органу, окремо, та ефективна доза були введені, в цілях управління ризиками, а також для встановлення меж річних доз [3].

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ПЕРЕВИЩЕННЯ РІВНЯ ДОЗИ ОПРОМІНЕННЯ

Дослідження показують, що розробка більш складних і тривалих процедур в поєднанні з великою кількістю пацієнтів неминує призводить до збільшення опромінення персоналу лікарні. Більшість процедур вимагають, щоб персонал залишався поруч з пацієнтом під час процедур з візуалізацією. Дослідження показують, що понад 50% з них отримують дозу, що перевищує дозволений річний ліміт в 20 мЗв, іноді доходячи до щомісячних доз вище 20 мЗв [4]. Це означає, що важливо розробити точну програму дозиметричного нагляду, щоб уникнути недооцінки дози для працівників. Знання спектру опромінення, якому піддається медичний персонал, дозволило б більш точно розрахувати дозу, але також дозволило б ретроспективно дізнатися дозу, отриману органом, і це незважаючи на зміну в часі, робочих величин для зовнішнього опромінення. Адаптація детектора до звичайного застосування дозиметрії має на увазі, що пристрій можна використовувати незалежно від поля випромінювання, колімації або положення в поле випромінювання.

АЛГОРИТМ ВИМІРЮВАННЯ РЕАЛЬНОГО ЗНАЧЕННЯ ДОЗИ

Виміри проводились у кабінеті з максимальним радіусом R_{\max} навколо рентген трубки $R_{\max} = 3$ м, та на чотирьох висотах h_n . Ці висоти були підібрані таким чином щоб відповідати частинам тіла: кришталік ока – $h_1 = 170$ см, грудини – $h_2 = 135$ см, поясу – $h_3 = 96$ см та коліна $h_4 = 53$ см. Дані види замірів були проведені три рази - зі швидкістю отримання зображення – 3 кадри за секунду, напругою на аноді трубки $U_a = 74$ кВ та струму $I_a = 12$ мА.

Перший тип заміру проводився для заміру значень випромінювання у стандартних положеннях для лаборантів. Було обрано чотири найбільш розповсюдженіх місць, де перебувають працівники (Рис. 1).

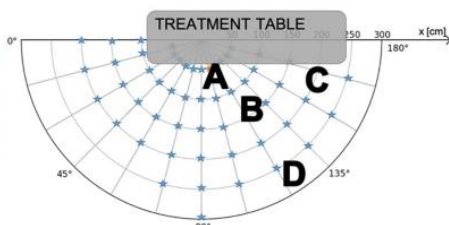
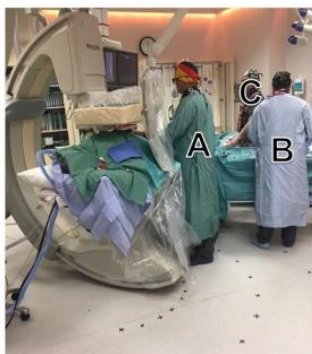


Рис. 1 - Чотири найбільш розповсюджених місць [4]

Друга серія вимірювань полягала в вимірюванні енергетичних спектрів навколо кушетки пацієнта. Знімки проводилися кожні 15° , 180° навколо антропоморфного фантома, кожні 50 см.

На рис.1 справа, кожен перетин дуги і лінії є положення вимірювання.

Зони вимірювання позначені синіми зірочками.

Дані були скориговані для спільного використання пікселів і ефективності виявлення. Кожен отриманий спектр був сегментований на осередки енергії, кожна з яких множилася на ваговий коефіцієнт, що залежить від енергії. Значення, представлені на карті, інтерполуються лінійною функцією між точками вимірювання.

На рис. 2 і 3 показані енергетичний спектр, який вимірюється у людини, що тримає дозиметр на чотирьох висотах у чотирьох стандартних положеннях тіла медичного персоналу. На обох рисунках представлений один і той же набір даних по-різному. На рис. 2 представлений спектр, який вимірюється для зростання у кожного співробітника. На рис. 3 шкали адаптовані для полегшення порівняння.

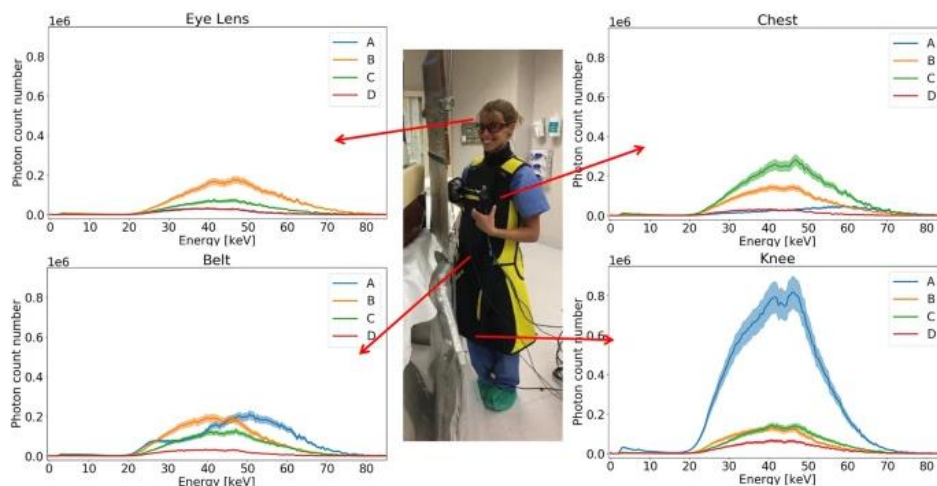


Рис. 2 - Енергетичні спектри для кожної із зон опромінення з врахуванням засобів захисту [4]

На рис. 3 показаний енергетичний спектр, який вимірюється на чотирьох місцях розташування співробітника. [1]

Після отримання значень параметрів іонізуючого випромінювання необхідно оцінити результати та зробити висновки щодо вихідних радіаційних характеристик рентгенодіагностичної або терапевтичної апаратури.

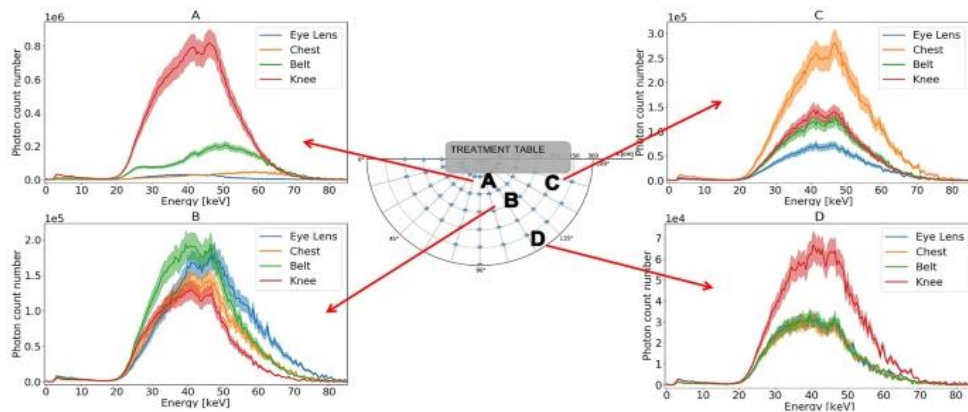


Рис. 3 - Енергетичні спектри в абсолютних значеннях фотонів опромінення для кожного із місць розташування людини. [4]

Так основна радіаційна характеристика - інтенсивність випромінювання J_n , що пройшла через об'єкт дослідження, визначається із співвідношення

$$J_n = F/\Delta S = K_m \cdot U_a I_a, \quad (1)$$

де F – потік енергії випромінювання, що пройшов через досліджуєми об'єкт за одиницю часу, ΔS – площа досліджуємого об'єкта, K_m – коефіцієнт пропорційності, що залежить від матеріалу аноду та властивостей поглинавача, n – коефіцієнт, що залежить від властивостей поглинавача (для радіодіагностики і терапії біологічних тканин $n=5$); U_a , I_a – анодні напруга та струм джерела рентгенівського випромінювання.

Як при рентгенодіагностиці так і при рентгенотерапії важливими радіаційними характеристиками є поглинена доза D_n випромінювання

$$D_n = W/(V \cdot m), \quad (2)$$

де W – енергія випромінювання, що поглинена в V - об'ємі речовини з m – масою.

Потужність P такої поглиненої дози визначається, як відношення поглиненої D_n дози в одиницю часу t

$$P = D_n/t \quad (3)$$

Тоді значення узагальненої інтегральної D_{int} поглиненої дози відповідає повній кількості поглиненої енергії фотонів в даній m масі за час t

$$D_{int} = P \cdot m \cdot t. \quad (4)$$

Для практичної оцінки впливу на організм чи його частину використовують еквівалентну дозу

$$D_{екв} = D_n \cdot K_T, \quad (5)$$

де K_T – коефіцієнт якості даного виду випромінювання та конкретної біологічної тканини.

Таким чином, вимірюючи значення енергетичних параметрів: анодної напруги U_a та струму I_a та радіаційних: інтенсивності випромінювання J_n , поглиненої дози D_n , та її потужності P , інтегральної поглиненої дози D_{int} , еквівалентну дозу $D_{екв}$ і підтримуючи їх стабільність в допустимих межах забезпечується необхідний рівень безпеки досліджуваних біологічних тканин [5,6].

Принцип радіаційної безпеки встановлює для персоналу та населення межі допустимих доз на рівні порогу радіаційних ефектів приведених у таблиці 1. [5]

Таблиця 1 – Межі доз іонізуючого випромінювання [5]

Нормована величина	Ліміт дози, мЗв		
	персонал (категорія А)	персонал (категорія Б)	особи з населення (категорія В)
Ефективна доза	20 мЗв за рік у середньому за будь-які послідовні 5 років, але не більше 50 мЗв за рік	2 мЗв за рік	1 мЗв за рік
Еквівалентна доза за рік для:			
кришталіка	50	15	15
для шкіри	500	50	50
для кистей та стоп	500	50	-

ВИСНОВКИ

Технічний прогрес в технологіях систем візуалізації вимагає точніше оптимізувати рівня дози отримувану пацієнтами та персоналом. Це призводить до переоцінки річних меж доз опромінення. Поля випромінювання які отримують лаборанти суттєво залежать від їх місцезнаходження. Розробляємий метод визначення випромінювання, на сьогодні, найбільш інформативний.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Н.Ф. Терещенко, П.А. Усачев, Е.Ю. Григорьева «Влияние ионизирующего излучения на человека и его использование в медицине» *Опτικο-електронные информационо-енергетичные технологии*. -2009. - № 1(17). - С. 154-159. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/32233>
- [2] М. Ф. Терещенко, О.В. Христовий «Моделювання мінімальної напруги на рентгенівській трубці», Вісник *НТТУ «КПІ»*. Серія *ПРИЛАДОБУДУВАННЯ*. - 2012. - № 43. - С. 80-87.
- [3] О.Д. Рудий , М.Ф. Терещенко Принципи моніторингу рівня експозиційної дози в рентгенодіагностиці // Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ”, 13-14 травня 2020р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С.230-234.
- [4] Characterisation and mapping of scattered radiation fields in interventional radiology theatres. // *Scientific Reports*. – 2020. – №18754.
- [5] Про затвердження Державних санітарних правил і норм "Гігієнічні вимоги до влаштування та експлуатації рентгенівських кабінетів і проведення рентгенологічних процедур". // Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 4 червня 2007 року N 294 / – Україна: МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ, 2017.
- [6] Терещенко М.Ф. Біофізика: практикум. / М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, І.О. Яковенко. - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. - 288 с. ISBN 978-966-622-952-9 <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/28227>

Наук. керівник – к.т.н., доцент Терещенко М.Ф.